



DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

# GUIDE DES SYSTÈMES CONNECTÉS EN FABRICATION DISCRÈTE : PLM, ERP, MES ET AU-DELÀ

3 8 9 4

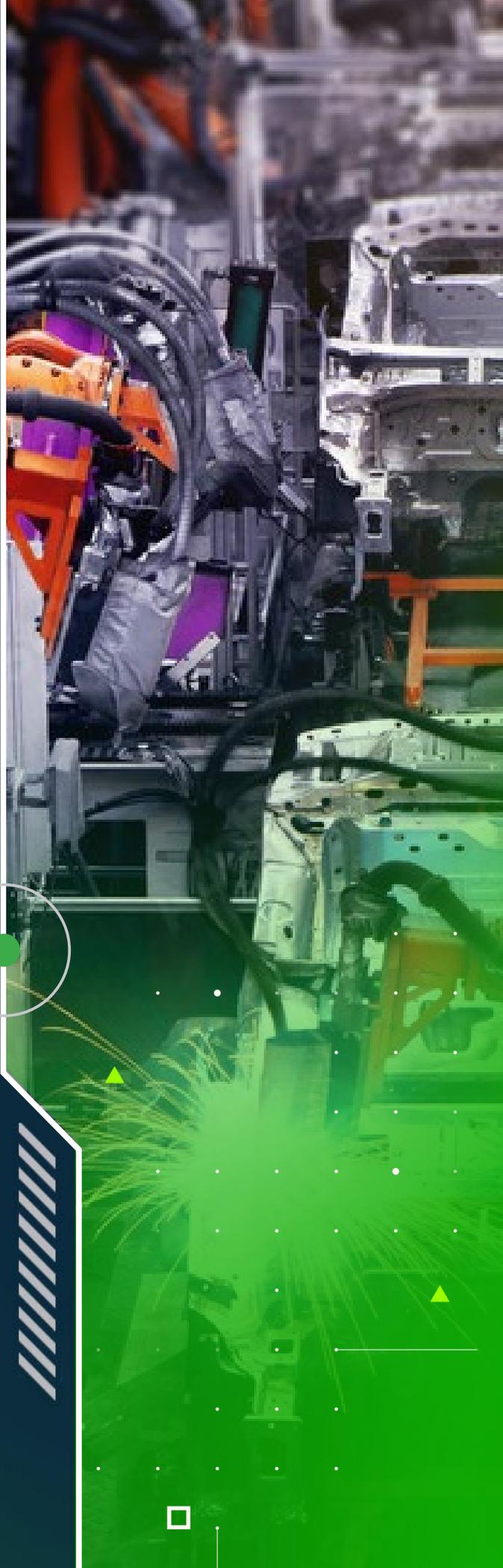
6 9 8 3

6 7 3 3

1 4 6 4

**LIVRE BLANC**

Octobre 2023





## // ○ TOUJOURS PLUS

Quel que soit le secteur, les fabricants sont soumis à toute une série de pressions urgentes et croissantes de la part de la concurrence : être les premiers à commercialiser des produits plus innovants, offrir une expérience d'achat plus personnalisée, améliorer la qualité en usine et sur le terrain, livrer dans les délais à chaque fois. Ces défis doivent être relevés tout en contrôlant les coûts, en faisant face aux problèmes d'approvisionnement et en répondant aux fluctuations de la demande.

Pour relever ces défis, une grande variété de technologies logicielles nouvelles ou en cours de maturation sont en train d'évoluer, chacune visant à aider à concrétiser l'impossible promesse de la transformation digitale. Cette dynamique fait peser une charge lourde et complexe sur les équipes informatiques, elles-mêmes soumises à une pression constante pour assister l'entreprise et ses objectifs commerciaux. Et lorsque des progrès sont constatés, ils le sont généralement en silo, le travail étant bloqué dans une approche par « champ d'action », avec des chevauchements entre les initiatives d'amélioration. Mais les entreprises les plus avancées dans leur transformation digitale ont réussi à mettre en œuvre d'importantes capacités dans leur organisation grâce à l'alignement interservice avec la stratégie globale de l'entreprise. Pour atteindre ces résultats, il fallait connecter les données et les processus des systèmes stratégiques d'aide à la fabrication (PLM, ERP et MES notamment).

Ce document a pour but de guider les responsables informatiques et les cadres vers cet alignement. Tout d'abord, il explique comment bien repérer les besoins de collaboration de l'entreprise en fonction du modèle de l'entreprise et de la complexité des produits. Ensuite, une fois les besoins inventoriés, il présente un processus détaillé, qui a fait ses preuves, pour mettre en place les outils adaptés à l'intégration et à la configuration des environnements PLM, ERP et MES afin de répondre à ces besoins.

Le résultat permet à la structure de recherche et développement de disposer d'informations fiables et en temps réel, renforcées par l'automatisation afin de favoriser une exécution rapide et fluide à l'échelle mondiale. Ces équipes pourront travailler simultanément et plus efficacement avec leurs homologues des usines, de la logistique et de l'approvisionnement.



## LES DÉFIS DE LA FABRICATION MODERNE - PRODUCTION DANS L'USINE GLOBALE

La concurrence s'est intensifiée au niveau mondial et l'innovation en matière de produits n'est rentable que si vous êtes le premier à arriver sur le marché sans compromettre la qualité. Comment intégrer de manière transparente les modifications des produits et des processus (de nouveaux produits ou amélioration des nouveaux produits/processus) dans le paysage informatique existant ? Il est évident que les transferts manuels et la duplication des données dans les systèmes ERP, PLM et MES dégradent la qualité, augmentent les coûts, allongent les délais de livraison et augmentent les temps de latence, ce qui entraîne une certaine inadéquation et empêche de répondre aux exigences des clients en raison de la mauvaise qualité de la traçabilité. Il est difficile de faire évoluer l'entreprise dans un environnement aussi inefficace. La capacité de production ne peut pas être doublée par exemple sans doubler le nombre de personnes qui saisissent les données.

Le manque de transparence exacerbe les problèmes de gestion des modifications. Les systèmes de fabrication qui présentent ces symptômes ont été conçus pour des personnes ayant 30 ans d'expérience dans l'industrie manufacturière. Or, les fabricants d'aujourd'hui disposent d'une main-d'œuvre composée en grande partie de quasi-débutants (trois ans d'expérience), dont 30 % d'employés de terrain ayant moins d'un an d'expérience. Cette tendance s'accroît alors même que les produits deviennent plus complexes et que le rythme des changements s'accélère.

Qui dit portefeuilles de produits plus importants dit aussi davantage de problèmes de qualité. Pour continuer à progresser en termes de qualité, de productivité et de durabilité, les fabricants doivent de toute urgence donner à la nouvelle génération d'employés de terrain les moyens d'acquérir les connaissances les plus efficaces sur les produits et les processus, au moment où ils en ont besoin et là où elles auront le plus d'impact. Cela permettra d'éliminer le temps sans valeur ajoutée consacré à la recherche d'informations et fournira également aux travailleurs de terrain les outils nécessaires pour identifier, hiérarchiser, analyser et résoudre en permanence les goulots d'étranglement dans leur travail quotidien. Ce n'est qu'une fois qu'ils auront été préparés à la réussite que ces travailleurs seront en mesure de favoriser l'amélioration continue.

La gouvernance faible fait appel à la communication, de façon fréquente et redondante. L'inefficacité règne. Pour réduire les coûts et améliorer la qualité, les industriels doivent continuellement affiner l'efficacité

opérationnelle de leurs produits, processus et ressources, mais aussi évaluer et optimiser en permanence la conception de ces produits et processus. L'efficacité opérationnelle a généralement un impact plus important sur les coûts de main-d'œuvre et les coûts de transformation, tandis que l'optimisation a un impact plus important sur le coût des matériaux. En général, 70 % du coût du produit est déterminé au stade de l'ingénierie.

Lorsque les systèmes ne sont pas intégrés, les ingénieurs doivent faire trois fois plus de travail en saisissant les mêmes données dans les systèmes PLM, MES et ERP. La probabilité et l'ampleur des problèmes de qualité sont influencées par le manque de traçabilité. Par exemple, les fabricants peuvent être amenés à rappeler une large gamme de produits suspects parce qu'ils ne savent pas quelle configuration ils ont expédiée tel jour en particulier. La multiplicité des sources d'information entraîne un manque de qualité et d'efficacité. Des configurations incorrectes sont utilisées parce que lorsqu'un changement prend effet, il n'est pas communiqué de manière appropriée. Les produits peuvent alors être fabriqués de manière incorrecte, ce qui entraîne un défaut que le client ou le fabricant doit détecter au moment où le produit est préparé pour l'expédition. Même avec des systèmes connectés, ces perturbations peuvent survenir inopinément.

Compte tenu de ces défis, comment gérer un produit modulaire configurable tout au long de la chaîne de valeur sans automatisation sur l'ensemble du réseau ? Comment le fabricant peut-il trouver une alternative d'approvisionnement tout en tenant compte de l'évolution des priorités de l'entreprise, en réduisant les délais de mise sur le marché et en améliorant la qualité ? Comment peut-il s'assurer que la dernière version du logiciel est disponible sur la chaîne de montage sans modifier la nomenclature ? Quel est l'impact sur les essais ? Que se passe-t-il si l'usine est piratée ? Comment les niveaux appropriés de cybersécurité et de protection de la propriété intellectuelle sont-ils garantis ?

Ces défis entraînent des coûts réels et mesurables, mais les coûts d'opportunité sont peut-être les plus importants et les plus fascinants. Dans quelle mesure l'entreprise pourrait-elle être plus performante ? En d'autres termes, combien d'argent pourrait-elle gagner si ces questions étaient résolues ?

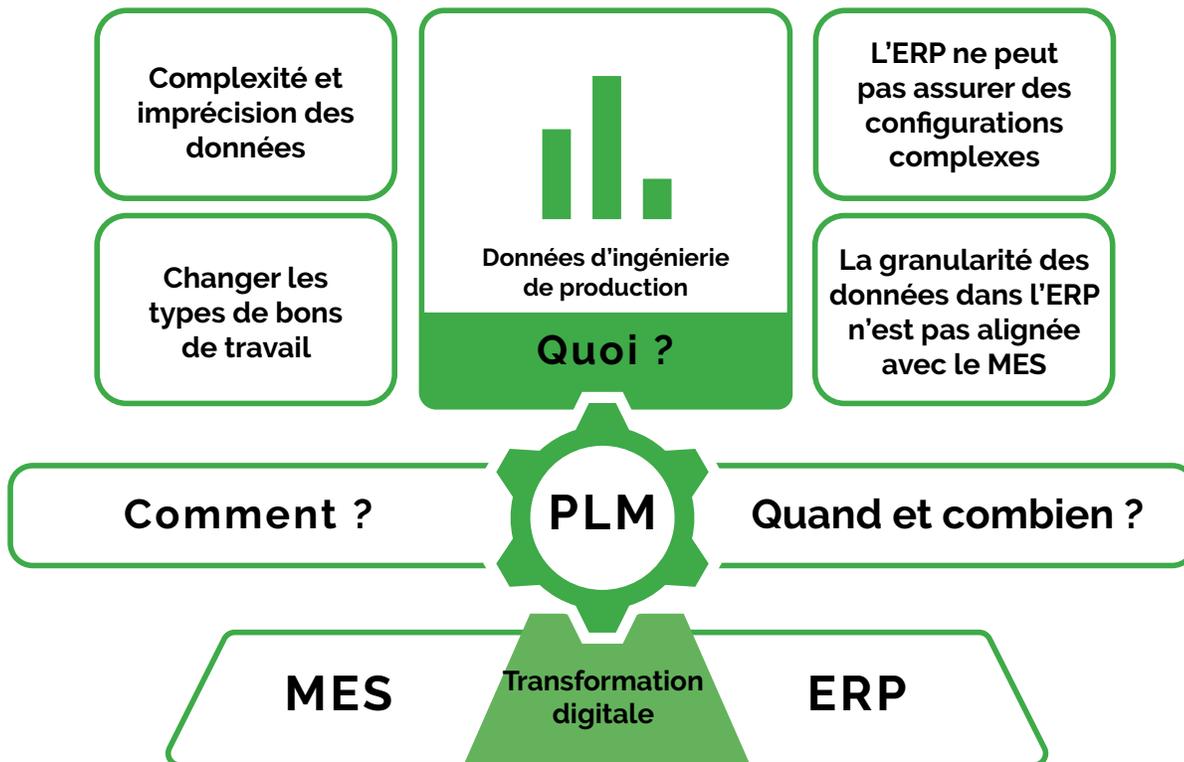
## COMMENT RÉPARER LA CHAÎNE D'OUTILS ET D'INFORMATION ROMPUE

Pour gagner en rapidité et créer des synergies, les fabricants doivent repenser leur stratégie d'automatisation et établir une plateforme de collaboration virtuelle. Pour ce faire, ils doivent intégrer la PLM dès le début du processus d'innovation des produits et tout au long de la préparation de l'ingénierie et de la fabrication, rééquilibrer les relations entre l'ERP, la PLM et le MES, et connecter tout ce qui compte dans le développement et la fabrication des produits par le biais de la continuité numérique. Pour être prêts pour l'avenir, les fabricants doivent passer du point à point à l'intégration en temps réel.

L'ingénierie de fabrication génère des données vitales, qui vont de la nomenclature de fabrication à la planification du routage/processus en passant par les caractéristiques de contrôle de la qualité, les instructions de travail standard et le temps standard. Cette phase de l'ingénierie joue un rôle indispensable non seulement dans le développement des produits et la chaîne de valeur de fabrication, où l'accent est mis sur les délais de commercialisation, la qualité et l'efficacité, mais aussi dans la chaîne de valeur logistique, garantissant une livraison dans les délais et à moindre coût.

La synchronisation transparente des modifications tout au long du cycle de vie des produits, entre les opérations de fabrication en aval et l'ingénierie en amont, est tout aussi vitale. Alors que traditionnellement la gestion des données et des processus d'ingénierie de production était assurée par les systèmes ERP et transférée aux systèmes MES, la complexité et le rythme croissant des modifications exigent une transition.

Premièrement, les systèmes ERP ne sont pas conçus pour la gestion du cycle de vie des données maître des produits et de la fabrication et ne sont pas capables de gérer les configurations complexes et le taux élevé de gestion des modifications dans un environnement discret. Deuxièmement, la granularité des données maître dans les ERP orientés vers une perspective commerciale ne répond pas aux complexités technologiques nécessaires au MES, ce qui entraîne des inefficacités.



# TRANSMETTRE LES BONNES DONNÉES À LA PLM POUR ALIMENTER CORRECTEMENT LE MES ET L'ERP

Votre modèle d'entreprise et la complexité de vos produits vont forcément définir vos bonnes pratiques. Cependant, il y a toujours trois aspects à prendre en compte : l'emplacement des données maître, la gestion de la configuration et l'orchestration des changements. Les initiatives commerciales propres à l'entreprise ont également un impact. Où votre organisation constate-t-elle les principales innovations en matière de produits, de qualité des produits, de coût des produits et d'efficacité des produits ?

La mise en œuvre d'un processus sur les chaînes de valeur du produit, de la fabrication et de la logistique dépend d'un ensemble complexe de considérations interdépendantes.

## Effort d'ingénierie client spécifique à une commande - Modèle d'entreprise

### Assemblage pour stockage

- Produits entièrement conçus avec options identifiées
- L'ERP planifie la production d'options prédéfinies
- Combinaisons de produits identifiées, fabriquées sur la base des prévisions
- Secteurs d'activité : produits de consommation, Hi-Tech

### Assemblage sur commande

- Produits entièrement conçus avec options identifiées
- Commandes configurées et traitées par l'ERP
- Secteurs d'activité : Équipementiers automobiles, Hi-Tech, Industriel

### Configuration sur commande

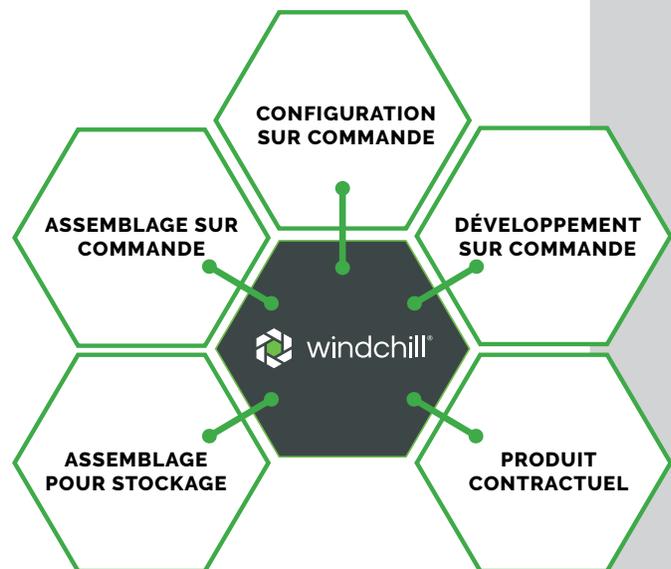
- Produits entièrement conçus avec des règles permettant la création de pièces personnalisées
- Chaque commande est configurée et validée par la PLM à l'aide de règles établies par l'ingénierie
- Secteurs d'activité : Hi-Tech, Industriel

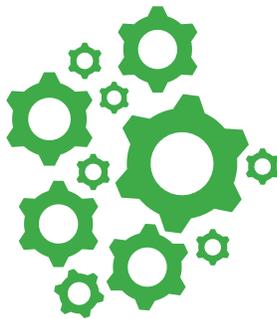
### Développement sur commande

- Ingénierie personnalisée importante ajoutée au produit générique
- Chaque commande est validée par l'ingénierie et la PLM
- Secteurs d'activité : Équipementiers industriels, fournisseurs automobiles, aérospatiale

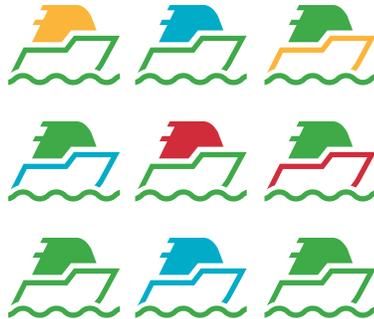
### Produit contractuel

- Conçus et produits pour répondre aux exigences spécifiques d'un client ou contrat
- Chaque commande est conçue et validée par la PLM et l'ingénierie.
- Secteurs d'activité : défense, prototypes, outils personnalisés





**PRÉCIS**



**VARIABLE**



**LOGISTIQUE**

## Complexité des produits

**Précision** : il ne s'agit pas nécessairement d'une nomenclature importante, mais d'une fabrication complexe et précise. Les gammes peuvent comporter 25 étapes, 1000 lignes et de nombreux contrôles qualité à certains postes. 40 à 50 paramètres peuvent être mis en œuvre. Les engrenages automobiles en sont un exemple.

**Variabilité** : en raison de la personnalisation, chaque produit est unique. Sans systèmes connectés, il est pratiquement impossible de fournir à temps les informations aux travailleurs qui assemblent un produit unique avec toutes ses options et variantes. Le produit que vous fabriquez aujourd'hui sera différent dans deux jours. Les instructions doivent correspondre exactement aux commandes des clients. Les modifications apportées à la conception dans un souci de qualité nécessitent l'acquisition de la bonne pièce pour le produit que vous fabriquez. La rotation de la main-d'œuvre est également un facteur, les nouveaux travailleurs pouvant reprendre la main. Les yachts de luxe en sont un exemple.

**Logistique** les fabricants de produits de base doivent fabriquer des millions de produits identiques tous les jours, chacun répondant à des normes de qualité et de prix, tout en opérant dans un environnement sûr. Dans ce type d'activité, l'équipe de planification débute le processus de la chaîne d'approvisionnement par la planification de la demande, avec validation par l'équipe de vente. La fonction de planification comprend la planification de la demande, la planification de l'approvisionnement des usines, le développement du conditionnement, la gestion du cycle de vie des produits (PLM), le processus de planification et la performance, la gestion des stocks, la planification des ventes et des opérations, etc. Après une réunion de planification de la demande, l'équipe élabore les plans de production pour les usines, charge au service d'approvisionnement d'acheter ensuite tous les matériaux nécessaires. Les capteurs en sont un exemple.

# PREMIERS PAS : LES PRINCIPAUX SYSTÈMES D'ENTREPRISE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE PRODUITS

## Étape 1 - Gérer les bonnes données dans le bon outil grâce à une approche commune des données maître des produits

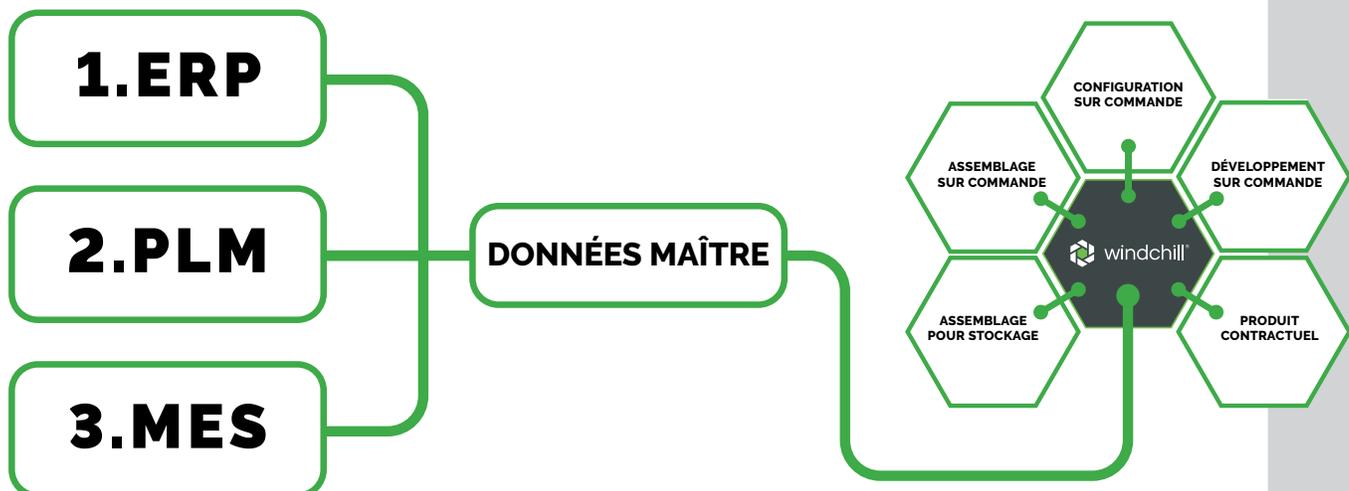
La première étape d'une initiative d'intégration transparente des applications consiste à déterminer où se trouvent aujourd'hui les données maître de vos produits, à les identifier et à les nettoyer. Cela permet d'éviter que plusieurs systèmes utilisent les mêmes données maître à un moment donné.

L'ERP, par exemple, ne possède pas en amont les informations relatives au produit et à la fabrication, et sa capacité à créer et à définir des gammes de fabrication optimisées pour un produit complexe et changeant est donc limitée.

En outre, tout processus efficace de gestion des modifications techniques doit permettre de retracer et de refléter les dernières modifications apportées à la conception du produit. Le processus de gestion des modifications direct et bidirectionnel entre la PLM et le MES est plus efficace et plus fiable.

La modernisation commence par des informations contextuelles et traçables sur les produits, avec vue sur l'ensemble du cycle de vie du produit.

### INDUSTRIE 4.0



## 1. PLM (données produits et ingénierie de fabrication orientées vers l'information - actifs numériques)

- a. Article maître/itération
- b. Structure produit
- c. Modèles CAO électriques et mécaniques
- d. Logiciels
- e. Classification
- f. Documents
- g. Exigences
- h. Simulations
- i. État du cycle de vie
  - Processus de modification/entrée en vigueur d'une modification
  - Fin de vie/obsolescence
  - Rapport de problème/Demande de modification/Avis de modification
- j. Transformation de la nomenclature (source autorisée de nomenclature d'ingénierie/EBOM), nomenclature de fabrication (MBOM), nomenclature de service (SBOM)
- k. Définition du processus
  - Routage
  - Instruction de travail
  - Outillage
- l. Spécifications de qualité/gestion des problèmes
  - Caractéristiques de contrôle
  - Non-conformité, CAPA (actions correctives et préventives)
- m. Ressources = outillages et jauges (gestion du cycle de vie des équipements)
- n. Code fournisseurs de liste de fabricants agréés (AML)

## 2. ERP (planification de la production, prévisions, approvisionnement, suivi des coûts - axé sur les actifs physiques/ transactions)

- a. Informations physiques et logistiques
  - Usine
  - Lieu de stockage
- b. Approvisionnement
  - Fournisseurs agréés
- c. Finance et compatibilité
  - Coûts réels de production
  - Ventes en cours et prévues
- d. Bons de travail
- e. Planification de la production
  - Statut des commandes et des livraisons
  - Statut de l'inventaire
- f. Processus de modification associé au MES
  - Rapport de problème (peut être initié ici)
  - Date d'entrée en vigueur de la modification (modifiée ici)
- g. Approvisionnement
  - Pièces achetées
  - Suivi/gestion des fournisseurs
- h. Déplacement des matériaux (traçabilité)
- i. Bonne réception pour transfert du stock

## 3. MES (Exécution de la production et de la logistique/retour d'informations sur l'exécution - actifs physiques/événements)

- a. Planification de la production (gestion des bons de travail)
- b. Généalogie (telle que générée)
- c. Instructions de travail
- d. Exécution et application du processus
- e. Collecte des données
- f. Gestion des outils et de calibration
- g. Inspection de réception
- h. Gestion de la qualité
  - Inspection des matériaux entrants
  - Plan d'échantillonnage de l'atelier
  - Inspection des produits finis

Principal avantage de la mise en place d'une base numérique solide dans les domaines de la PLM, de l'ERP et du MES : lorsque les ingénieurs travaillent, leur travail se déplace automatiquement en aval. Les ingénieurs peuvent travailler au sein d'un système PLM unique et familier. Il s'agit de faire en sorte que les bonnes personnes fassent le bon travail dans les bons systèmes et qu'elles n'aient pas à passer à d'autres systèmes, ni à dupliquer le travail qui est déjà fait dans un système.



## Étape 2 - Créer des flux de processus bidirectionnels transparents

Ensuite, plutôt que d'obtenir des informations d'un collègue qui a accès à un système d'enregistrement, les parties intéressées doivent être en mesure d'accéder à toutes les informations sur les produits dont elles ont besoin en fonction de leur rôle dans le cycle de vie du produit.

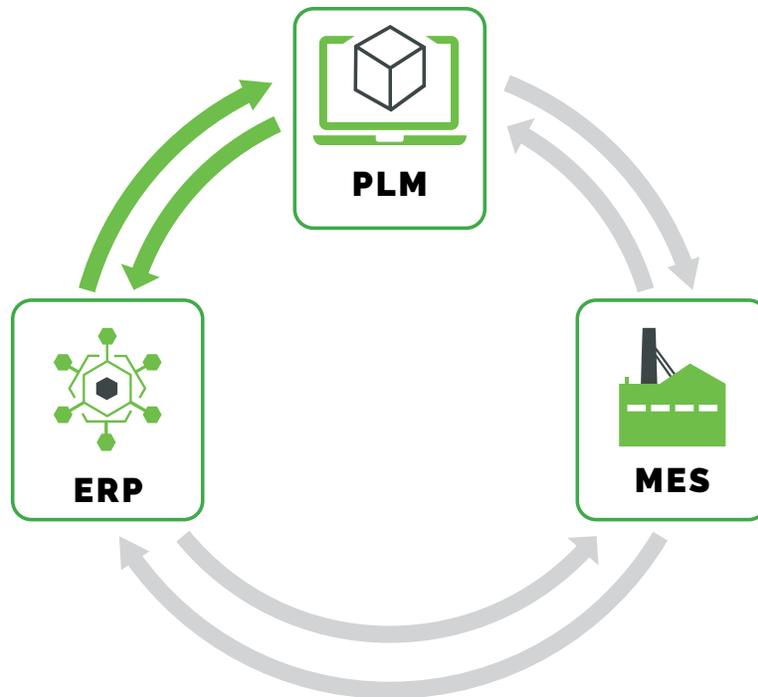
Par exemple, les planificateurs de fabrication avancée, les planificateurs de processus détaillés, les concepteurs d'installations et d'outils, les responsables production et les ouvriers doivent avoir accès aux informations les plus récentes de l'ingénierie. Les ingénieurs de conception eux-mêmes ont besoin d'un retour d'information en temps réel de la part de la fabrication.

À l'avenir, il faudrait idéalement bénéficier de l'intégration des flux, et non des données, en fournissant un accès aux données PLM dans et à partir des systèmes MES et ERP existants, avec une source unique de vérité. Les fabricants doivent éviter d'avoir plusieurs systèmes maîtrisant les mêmes données à un moment donné. Chaque système ne doit recevoir que les données dont il a besoin pour son travail. Dans le cas de systèmes connectés, il est généralement important de savoir quelle quantité de définition vous prévoyez de transmettre à chaque système, où l'un s'arrête et où le suivant commence. Les utilisateurs pourront ainsi transformer les données en informations, ce qui favorisera une prise de décision harmonisée et une orchestration automatisée des processus dans les domaines de l'ingénierie et de la fabrication. L'objectif est de boucler la boucle avec des capacités d'automatisation et de reporting intégrées qui couvrent toutes les phases de la fabrication, en particulier le MES.

### Christian Willmann (Vaillant) – De l'importance de la qualité des données maître



Garantir la qualité des données maître à la fois dans la PLM et l'ERP est essentiel pour l'Industrie 4.0, sur les articles numériques et physiques. Cela doit inclure une définition de la maturité ou un concept d'état à travers le cycle de vie du produit, des règles métier, des matériaux de référence, des profils MRP (planification des ressources de fabrication) et des modèles de chaîne d'approvisionnement. Pensez à intégrer votre organisation dans des flux de travail basés sur les rôles, tant dans les processus d'ingénierie (PLM) que dans les processus en aval (ERP). Basée uniquement sur une intégration obligatoire de la PLM et de l'ERP, cette étape garantit la qualité des données sur les pièces dans la PLM ainsi que l'enrichissement automatisé des données maître de l'ERP. Sans un concept intégré de qualité des données maître, le fabricant ne bénéficiera pas de toute la valeur ajoutée potentielle de la mise en œuvre de la PLM. En se basant sur le concept de statut et les règles de gestion de Vaillant, il est possible d'automatiser 80 % des données maître des matériaux nécessaires, ce qui se faisait auparavant manuellement (copier/coller/approximations successives).

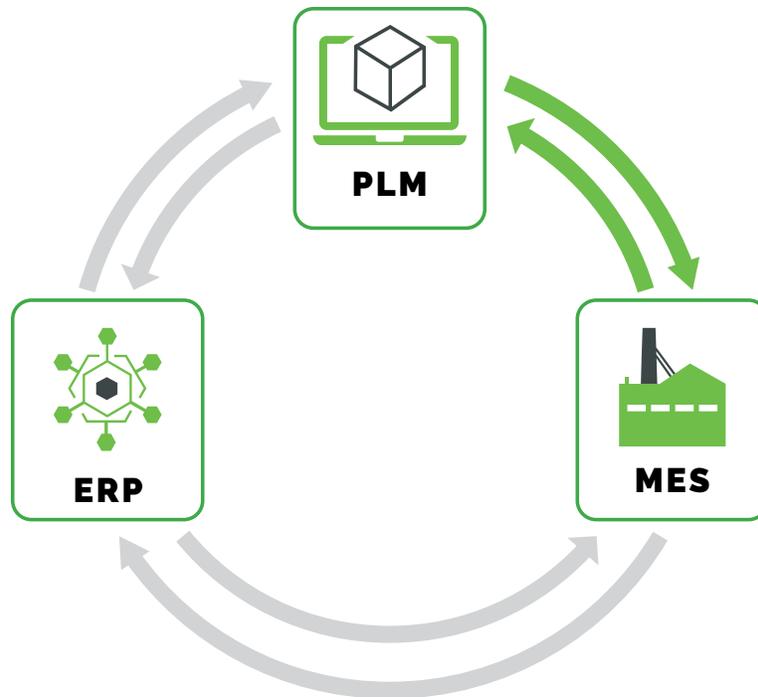


## PLM vers ERP : ERP vers PLM

Une fois que les décisions finales sont prises et que les conceptions sont testées et validées sous forme numérique, les informations sont ensuite transmises au système ERP pour les aspects liés à la préparation de la fabrication des produits physiques. Obtenir le meilleur de votre système ERP dépend de la qualité des informations provenant du système PLM, afin d'alléger la charge du processus d'enrichissement de la matière ERP.

Les données qu'il est donc nécessaire d'obtenir de la PLM sont principalement des informations de haut niveau (données maître sur les matériaux, nomenclature, spécifications d'achat, etc.) et non pas des données techniques. Lors du transfert d'un élément fabriqué de la PLM vers l'ERP, il est nécessaire d'inclure toutes les définitions nécessaires au calcul automatique du coût de l'article dans l'ERP (si l'on utilise le MPM et la planification des processus) et à l'envoi de la nomenclature de l'article pour le coût et les informations de routage de la gamme pour la mise en place/logistique.

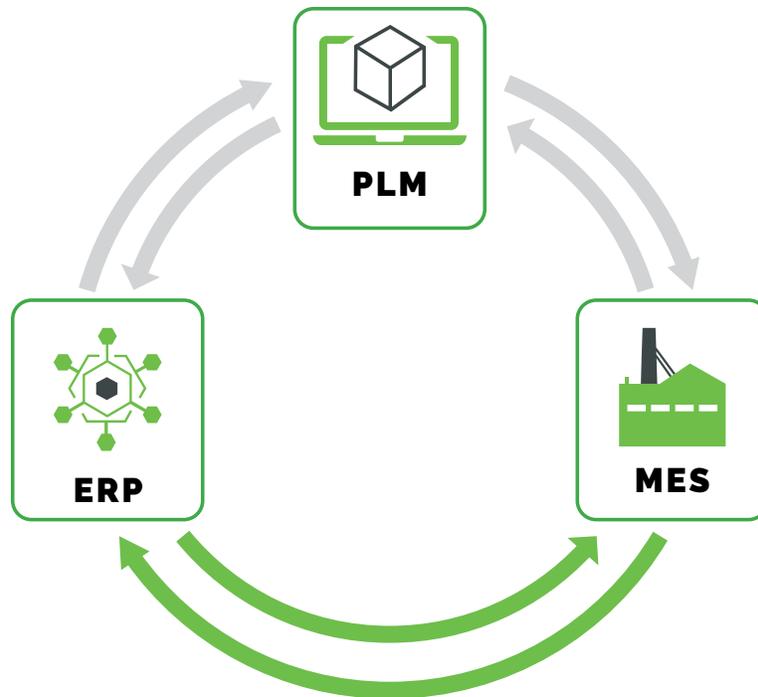
- Configuration automatisée d'éléments depuis la PLM (éléments fabriqués).
- Élément semi-automatisé depuis la PLM (éléments achetés).
- AML, révisions de nomenclature de pièces, états de cycle de vie et ordres de modification correspondants.
- EBOM vers MBOM, lorsqu'une pièce spécifique à une organisation doit être utilisée (date et heure).
- Détails, poids, volume fournis par le client de la nomenclature d'assemblage de niveau supérieur, pour les décisions liées au coût de transport.
- Dans un modèle d'entreprise avec configuration à la commande, vous pourriez souhaiter transférer vos gammes surchargées vers l'ERP afin de bénéficier d'options de planification plus avancées (par exemple pour automatiser le processus d'attribution des composants).
- ERP vers PLM : l'ERP transmet à la PLM les informations de coûts



## PLM vers MES : MES vers PLM

La continuité numérique permet d'éliminer les divergences entre l'EBOM, la MBOM, la gamme et les caractéristiques de contrôle (y compris les substituts et les alternatifs) avec la persistance des données nécessaires à l'exécution. L'envoi d'un élément manufacturé à la PLM au MES fournit des données techniques cohérentes. Le bon de travail est créé dans l'ERP, ce qui amène le MES à demander au système PLM les données dont il a besoin pour effectuer le travail. La PLM envoie ensuite l'article, la nomenclature ou le plan de traitement au MES.

- Modifications techniques : révisions de la nomenclature d'un produit spécifique à une commande ; création d'une liste de pièces (nomenclature à plat ou à plusieurs niveaux), attributs du client (produit/étiquette/expédition).
- Appels d'inspection du premier article, appels de vérification du processus, création de tests et production de masse.
- Toutes les spécifications de création nécessaires à l'assemblage d'éléments fabriqués
- Vous pouvez également transférer votre gamme pour piloter les opérations de préparation des commandes et permettre l'établissement de rapports d'avancement détaillés.
- Caractéristiques de contrôle pour déclencher les activités d'inspection et de contrôle
- Programme de commande numérique (CN)
- Logiciel à charger dans le produit en atelier
- MES vers PLM : le MES fournit également à la PLM des informations « tel que généré », y compris les non-conformités, qui représentent une déviation par rapport au processus standard réalisé en atelier.



## ERP vers MES : MES vers ERP

Les communications doivent être bidirectionnelles, ce qui permet de valider les demandes de commandes et de mettre à jour les stocks de produits générés et finis. Le système MES doit permettre à l'ERP de savoir quels composants (et combien) ont été consommés pour réaliser une fabrication. Le système MES fournira également des informations sur la production, par exemple le temps passé, afin que l'ERP puisse faire des estimations sur le coût global des marchandises vendues (COGS).



## Amir Mazoochi à propos de la réingénierie des processus - Gestion intégrée des modifications (Conseil de validation des modifications)



Les ordres de modification des produits et des processus sont inévitables durant toutes les phases du cycle de vie d'un produit. Ce mécanisme permet d'identifier, de définir et de suivre ces changements de manière acceptable pour toutes les parties intéressées. Il peut s'agir d'améliorations au niveau de la conception, de la qualité, des coûts, de la production ou à la demande des clients. Même des modifications mineures dans l'ingénierie des produits ont un impact important sur la fabrication et la production.

### Bonnes pratiques et directives générales

Certaines bonnes pratiques et directives générales peuvent favoriser la collaboration tout en évitant les erreurs de conception, ce qui permet de maintenir le développement et la production du produit sur la bonne voie. En voici quelques exemples :

#### Créer une équipe Conseil de validation des modifications bien informée et réduite

- Examiner les flux de travail actuels et optimiser les processus futurs. Envisager d'avoir différents flux de travail rationalisés pour différents types de demandes de modification (urgentes, accélérées, régulières, adaptées à la fonction et au processus).
- Créer la requête dans le cadre de la demande de modification. Souligner tous les attributs critiques au cours de l'étape initiale :
  - Motif de la modification : niveau élevé
  - Description détaillée de la modification : identifier la requête qui doit être modifiée
  - Impact de la modification (service, clients, usines ou fournisseurs)
  - Date de mise en œuvre ou d'introduction requise
  - Résultat escompté
  - Données de qualification/validation requises (le cas échéant)
  - Mise en évidence de l'approbation du client, de l'usine, des fournisseurs (le cas échéant)
    - Comprendre la chaîne d'approvisionnement et l'organisation, le flux de communication, qui doivent être intégrés dans la prise de décision, la planification de la demande et l'exécution.
  - Instructions relatives à l'élimination des matériaux existants et des produits fabriqués
  - Une fois que le Conseil de validation des modifications a donné son accord, passer au niveau suivant et demander l'approbation des principales parties intéressées pour la mise en œuvre.
  - Suivre l'état d'avancement et contrôler les progrès jusqu'à ce qu'ils soient terminés, en veillant toujours à la traçabilité.

La création d'une interface entre la PLM, l'ERP et le MES est un facteur critique de succès. Il est important de s'assurer que les attributs créés par l'équipe sur tout ordre de modification soient saisis via cette interface et publiés automatiquement dans les systèmes ERP et MES. Une continuité numérique fonctionnelle et bien configurée rend inutile la saisie manuelle et redondante des données, ainsi que tous les risques qui en découlent.



## Étape 3 - Transformer les données en capacités numériques pour responsabiliser les ingénieurs et les travailleurs de terrain

À ce stade, une fois les données cartographiées, les systèmes correctement intégrés et les processus optimisés, les fonctionnalités et les outils disponibles peuvent permettre de présenter des tableaux de bord pour analyser les délais et la qualité de l'exécution. Cette capacité procure de nombreux avantages, notamment :

- Démocratiser les données produites avec un jeu d'applications prêtes à l'emploi qui peuvent facilement être adaptées à chaque situation ou des applications personnalisées à code simple pour les employés, du responsable production à l'opérateur de la machine. Si cette expérience peut sembler simple pour l'utilisateur final, il y a encore beaucoup de données derrière cette interface, qui peuvent provenir non seulement de la PLM, mais aussi de l'ERP et du MES. Un accès simplifié et sécurisé à la PLM, à l'ERP et au MES permet une collaboration en temps réel.
- Relier les opérations à l'ingénierie en signalant les problèmes, les questions ou les non-conformités dans le contexte de leur apparition (par exemple dans les dessins, la documentation, les instructions de travail, les pièces) et en les mettant à disposition sur les terminaux de l'atelier.
- Connecter les cas d'utilisation des cellules de travail pour offrir aux travailleurs une expérience transparente, tout en capturant les données d'exécution avec un accès aux caractéristiques de contrôle clés, aux outils intelligents et aux machines. Apporter la puissance des instructions de travail numériques visuelles adaptées au niveau de compétence du travailleur.
- Procédés de fabrication : rééquilibrer l'aménagement des ateliers/de l'usine

On peut également s'attendre à des améliorations dans d'autres domaines, notamment en ce qui concerne la qualité et la continuité des données, la réduction des délais et des coûts, une meilleure intégration des fournisseurs et plus de flexibilité au niveau du système.



## Eric Horn (MicroVention) Comment bien démarrer



Le démarrage d'un projet peut être une tâche décourageante. Ou alors, un projet peut sembler simple au départ, mais se heurter à une dérive sans fin des objectifs. Lorsque l'on travaille sur la connexion de systèmes d'entreprise, ma principale recommandation est de commencer simplement, d'apprendre, de s'adapter, puis de se développer. Au début, il est essentiel de créer une base de référence du produit minimum viable, de la développer rapidement et de la mettre en production.

### Examinez un scénario représentatif de l'introduction progressive des fonctionnalités :

- Envoi de données sur les pièces/éléments de Windchill vers le système ERP
- Détermination de la stratégie de nomenclature et visualisation de la hiérarchie des versions
- Mise à jour du message pièce/élément pour inclure les données de la nomenclature (1er niveau)
- Détermination des attributs manquants pour calculer correctement le coût de la pièce/de l'article dans l'ERP
- Si le calcul du coût nécessite un routage, déterminer la stratégie du plan de traitement pour créer le routage et les instructions de travail
- Mise à jour du message de pièce/élément/nomenclature afin d'y inclure les attributs de calcul du coût de revient

Il doit être clair que lors du démarrage, les systèmes doivent être entièrement à jour. Au fur et à mesure que l'équipe travaillera à l'amélioration des fonctionnalités, la complexité augmentera. Mais l'effet de cette complexité accrue sur le processus est compensé par une compréhension encore plus grande.

L'une des leçons les plus importantes que nous ayons apprises est la valeur de la présence, au niveau de l'architecture du système, d'une personne qui comprend fondamentalement la PLM, le MES et l'ERP du point de vue système et processus. Les différentes équipes doivent se réunir et négocier les transferts de processus et de systèmes, les exigences en matière de données et les responsabilités individuelles (qui fait quoi), mais aussi quel est le système qui stocke telle ou telle information. L'architecte désigné joue un rôle central dans le processus de négociation, en servant de médiateur dans les discussions et en filtrant les décisions grâce à son expertise et à son jugement professionnel.

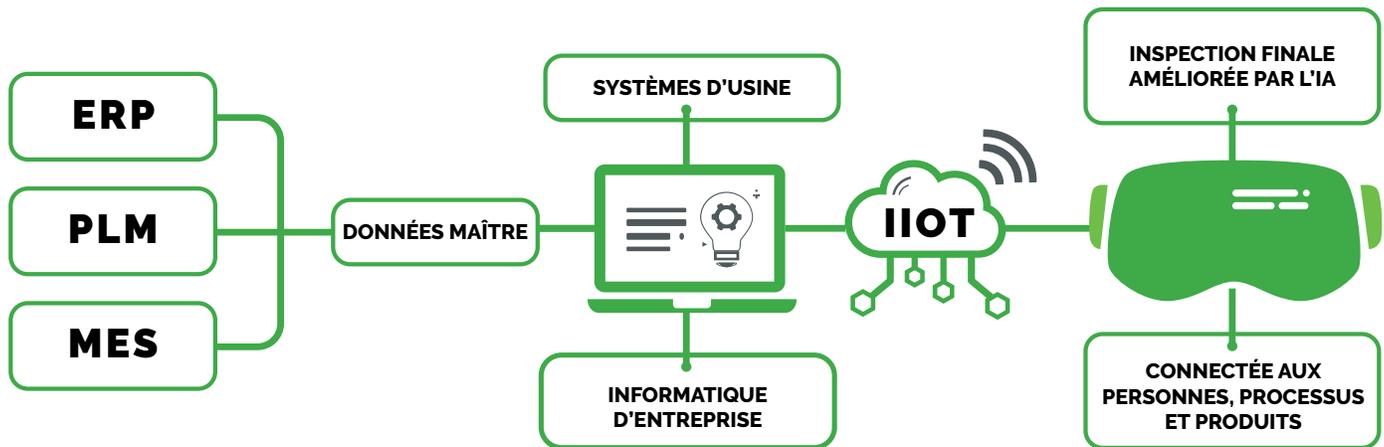
Chez Solar Turbines, en nous concentrant sur les interfaces et les processus, nous avons pu éliminer l'ingénierie « tous azimuts » des ingénieurs de fabrication. Ils ne devaient plus travailler à la fois sur les systèmes PLM et ERP. Chez Microvention, l'intégration de la continuité numérique dans l'ERP réduit le risque de non-conformité par le transfert de l'enregistrement officiellement approuvé vers l'ERP.

La seule chose que nous avons faite dans ces deux entreprises est d'éliminer l'accès par lequel les gens peuvent manipuler les données dans l'ERP. Par exemple, la nomenclature ne peut être publiée qu'à partir de la PLM. Nous avons également supprimé l'accès à la création de nouveaux éléments. Les personnes concernées en aval ne peuvent créer que des éléments de calcul de coûts, qui sont d'un autre type. De cette manière, nous avons établi la source de vérité qui fait autorité pour la pièce ou l'élément. Il ne s'agit donc pas seulement de créer l'interface, mais de s'assurer que personne ne peut créer/modifier les données en aval. Souvent, les personnes essaient de contourner le système d'enregistrement en invoquant une excuse. Il peut s'agir d'une « urgence », mais cela peut coûter très cher à l'entreprise. Des problèmes de qualité peuvent apparaître rapidement et entraîner des erreurs encore plus coûteuses.



## INDUSTRIE 4.0 ET AU-DELÀ

Vous avez ouvert la voie à une mise en œuvre rapide des capacités de l'Industrie 4.0 à grande échelle : instructions de travail augmentées numériquement, construction virtuelle, formation et montée en puissance, formulaires d'inspection améliorés par l'IA. En outre, l'intégration de la continuité numérique à la plateforme IIoT vous permettra de mieux armer le travailleur connecté nouvelle génération, qui est aidé à la fois par des informations en temps réel sur l'équipement, par la documentation et des données de conception pour effectuer le travail de manière autonome et efficace. Le travailleur connecté n'a pas besoin de frapper aux portes des bureaux, de dépoussiérer les manuels de formation ou de consulter les guides et les catalogues d'équipement : tout cela est possible grâce à une source unique de données faisant autorité (les « systèmes connectés »).





## ◉ JUMEAU NUMÉRIQUE ET ANALYSE CONSTANTE

1. L'IloT étend le MES en tant que système intelligent. Le MES sert de système d'enregistrement fiable, traitant de manière cohérente des tâches spécifiques en mettant l'accent sur une exécution sans faille, mais il n'initie ni ne contrôle lui-même les modifications. Par contre, l'IloT fonctionne comme un système d'intelligence agile qui améliore continuellement les processus par le biais d'une optimisation dynamique.
2. L'IloT étend le MES et la PLM avec des applications basées sur des rôles pour les employés de production (par exemple, la transmission et l'exécution d'instructions de travail en temps réel, le signalement des problèmes, l'analyse des performances, l'inspection de la qualité). Compte tenu de la complexité croissante des produits et de la pénurie de main-d'œuvre, il est impératif de fournir aux travailleurs de terrain une expérience utilisateur adaptée à leurs besoins et aux tâches qu'ils effectuent. Une chaîne d'assemblage de produits complexes peut facilement comporter plus de 100 étapes et chaque produit peut être différent, ce qui signifie des matériaux, des machines, des outils, des méthodes et des compétences différents.
3. L'IloT étend le MES et le remplace si l'accent est mis principalement sur la surveillance et l'orchestration. Les plateformes IloT peuvent servir d'alternative viable, par exemple avec une mise en œuvre plus rapide et plus rentable. Dans de nombreux cas, en particulier chez les grands fabricants possédant des dizaines d'usines, une approche MES hybride pourrait être plus efficace, à savoir en tirant parti d'un MES complet sur les sites où l'usine a besoin de toutes les capacités de base, en particulier en matière d'exécution, en accord avec une mise en œuvre monolithique, tout en exploitant l'IloT en tant qu'alternative MES sur d'autres sites.



## UNIFICATION DE LA CONCEPTION ET DE LA FABRICATION CHEZ VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT (VOLVO CE)

Windchill aide Volvo CE à définir une source unique et fiable de vérité, contenant des données produit qui persistent tout au long du cycle de vie des produits. Cette approche apporte la garantie que tout travail est créateur de valeur et enrichit le savoir-faire collectif. Volvo a supprimé les transferts d'informations manuels pour améliorer la qualité et la collaboration interservice sur les produits nouveaux ou existants.

Windchill encourage les initiatives de conception basée sur les modèles 3D, ce qui permet à Volvo CE de mieux gérer :

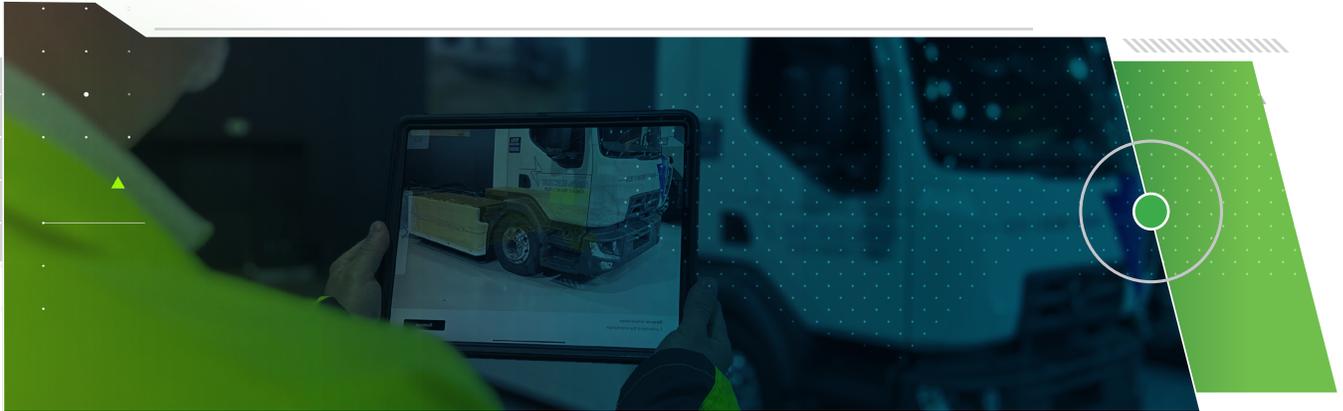
- La structure produit : Volvo est plus à même de gérer les architectures des nouveaux produits envisagés dans la stratégie produits de Volvo CE.
- La communication : l'entreprise a créé un langage commun, une continuité numérique d'informations produit, qui encourage la communication et la collaboration.
- Les données produit : les connaissances sur les produits peuvent être plus facilement saisies et conservées, les équipes travaillant désormais à partir d'un ensemble commun de données.
- Les structures de données : Windchill offre davantage d'opportunités de réutiliser les données 3D déjà développées par les ingénieurs tout au long du cycle de vie du produit.

### Rendements améliorés

Alors que Windchill PLM modifie le processus de travail en amont (définition du produit virtuel), le travail est réduit en aval (production du produit physique). Les nomenclatures de fabrication de Volvo affichent des taux de réussite plus élevés et sont plus faciles à mettre en œuvre (pour la maintenance des produits et les projets). En outre, la visualisation supplémentaire favorise l'imagination, la conception et la définition d'une solution.

Windchill PLM a permis de réduire la quantité de travail manuel et la nécessité pour les concepteurs de valider l'impact du développement du point de vue de la préparation de la production.

- Volvo a mis en place des contrôles de données produit en amont de la fabrication.
- Les produits atteignent leur maturité dans la PLM, puis sont transférés vers l'ERP et le MES.
- Les modifications apportées aux produits physiques sont beaucoup plus coûteuses que celles apportées durant la préparation de la production.
  - Volvo CE anticipe un gain de 30 % du rendement sur les avis de modification d'ingénierie.
  - Toutes les parties intéressées peuvent travailler en collaboration sur les modifications de produits pour évaluer l'impact en aval.



## Réductions des coûts dus aux problèmes de qualité

Comme mentionné plus haut, la probabilité d'erreurs humaines coûteuses est réduite grâce à la réduction du travail manuel et au renforcement de l'interaction entre les concepteurs et les ingénieurs d'étude durant le développement. Ces équipes auparavant compartimentées collaborent désormais afin d'identifier les problèmes durant les phases initiales et de vérifier si les règles de configuration sont définies correctement, ce qui se traduit par une réduction des erreurs. Volvo CE s'attend ainsi à profiter de ces mesures :

- Une réduction potentielle de 30 % des instructions de travail par rapport au statu quo, dans lequel environ 30 % des produits sont mal configurés en raison de la mauvaise qualité des données.
- Les avantages en termes de réputation de la marque et de coûts de service réduits (garantie et réparations) seront perceptibles bien après la mise en service du produit.

## Réduction des coûts de produit

La PLM permet à Volvo CE d'évaluer rapidement les systèmes et de concevoir des solutions économiques. Elle prévoit en effet que l'amélioration des méthodes de travail et de la préparation pourrait se traduire par une amélioration de 1,4 % des rendements.

## Réduction du délai de mise sur le marché

L'ingénierie de fabrication intervient dans les premières phases du processus global ; les tâches sont clairement liées au processus de manière très structurée. Cette organisation donne lieu à une meilleure collaboration avec les concepteurs (entre les différents projets et sites) pour les activités de préparation de la production.

La PLM permet la prise en charge des fabrications virtuelles et des plateformes multiproduits par le système pour le travail préparatoire. Il est possible pour les parties intéressées de fournir un retour d'information tout au long du processus de développement, grâce aux données partagées représentées par différentes vues en fonction des rôles et besoins des parties intéressées.

Un certain temps est également économisé grâce à la collaboration précoce et continue entre les fournisseurs internes, les fournisseurs externes, la conformité à l'exportation et les autres parties intéressées tout au long du cycle de vie du produit.



## À PROPOS DES CONTRIBUTEURS

### V. Dr.-Ing. Christian Willmann

Directeur de PLM Applications d'entreprise chez Vaillant Group

---

Professionnel de la gestion du cycle de vie des produits (PLM), avec plus de 20 ans d'expérience dans le domaine du développement de produits numériques. Il a d'abord travaillé en tant que consultant avec diverses solutions PLM chez des équipementiers automobiles (OEM) et des fournisseurs de premier plan, ainsi que dans le secteur de l'aérospatiale et de la défense. Depuis 2015, il travaille pour Vaillant Group, où il est actuellement responsable des processus PLM et de l'exploitation des logiciels PLM correspondants. Il est titulaire d'un diplôme d'ingénieur en mécanique et d'un doctorat en usine numérique.

### Amir Mazoochi

Technologue en recherche et développement de produits, Seagate Technology

---

Un leader technologique avec une expérience dans la supervision et la direction des activités d'ingénierie, des initiatives et du personnel d'une organisation. Vaste expérience dans l'orientation des organisations à travers la stratégie d'innovation, la recherche et le développement de produits, la gestion du cycle de vie, les processus et la technologie, et la conduite d'initiatives de transformation digitale. Engagé dans le travail d'équipe, la responsabilité et l'amélioration continue. Il apporte des compétences analytiques et de résolution de problèmes pour atteindre les objectifs et fournir une expérience transparente à tous les clients. Talent pour constituer une équipe multifonctionnelle tout en facilitant la gestion des modifications. Antécédents prouvés de contributions significatives au niveau du profit et de la productivité en développant et en mettant en œuvre avec succès un système d'aide à la décision et le lancement d'une nouvelle solution PLM.

### Eric Horn

Architecte d'entreprise, IT, MicroVention

---

Architecte de systèmes ambitieux et axé sur la recherche de solutions, j'ai démontré ma capacité à exceller dans des postes exigeants. « Je résous les problèmes de façon créative et je suis capable de rêver à très grande échelle, d'interpréter des problèmes complexes et de proposer des solutions concrètes qui stimulent fortement la productivité et l'efficacité. Je peux contribuer professionnellement à des projets complexes et développer des processus innovants tout en impliquant des équipes avec des talents exceptionnels. En tant que leader tourné vers l'action, j'ai l'expérience de la transformation digitale et de l'extension de la continuité numérique dans l'organisation, dans différents secteurs de la fabrication, dont les produits grand public, l'électronique, l'aérospatiale et la défense, l'équipement industriel et les dispositifs médicaux. »



DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

Vous voulez en savoir plus ?

[En savoir plus sur PTC](#)

© 2023, PTC Inc. Tous droits réservés. Les informations contenues dans le présent document sont fournies à titre d'information uniquement, sont susceptibles d'être modifiées sans préavis et ne sauraient en aucun cas tenir lieu de garantie, d'engagement, de condition ou d'offre de la part de PTC. PTC, le logo PTC, ainsi que tous les logos et noms de produit PTC, sont des marques commerciales ou des marques déposées de PTC et/ou de ses filiales aux États-Unis d'Amérique et dans d'autres pays. Tous les autres noms de produit ou de société cités dans le présent document appartiennent à leurs propriétaires respectifs.

347750 Connected Systems (PLM, ERP, MES) Whitepaper

DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL